

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift

(10) DE 44 33 118 A 1

(51) Int. Cl. 8:

B 29 C 39/42

B 29 C 35/08

C 08 J 3/28

C 08 J 5/02

C 08 L 77/00

C 08 L 71/12

C 08 L 55/02

C 08 L 25/04

C 08 L 9/00

B 29 C 67/04

(71) Anmelder:

EOS GmbH Electro Optical Systems, 82152 Planegg,  
DE

(74) Vertreter:

Prüfer und Kollegen, 81545 München

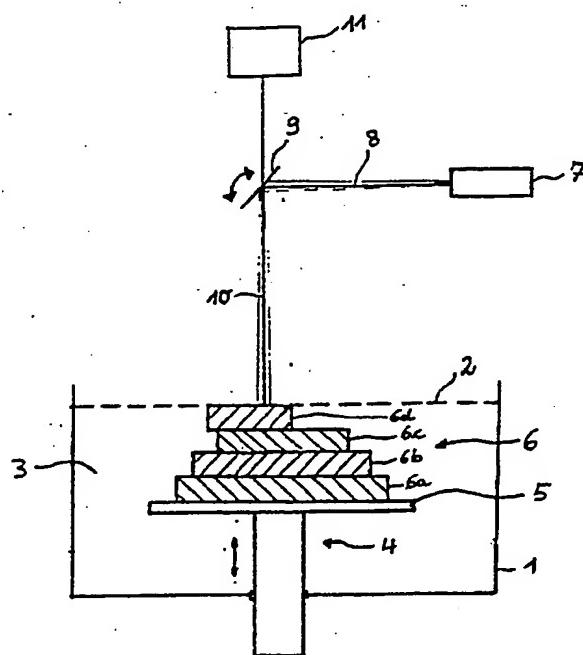
(72) Erfinder:

Keller, Peter, 82152 Martinsried, DE; Wilkening,  
Christian, 86911 Dießen, DE; Langer, Hans J., Dr.,  
82166 Gräfelfing, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes.

(57) Bei einem Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes, bei dem einzelne Schichten (6a, 6b, 6c, 6d) des Objektes aus mittels elektromagnetischer Strahlung verfestigbarem Material nacheinander durch Einwirkung einer elektromagnetischen Strahlung (8, 10) verfestigt werden, wird als Material ein Polymerblend (3) verwendet. Dadurch kann die Prozeßführung vereinfacht werden und die Eigenschaften des zu bildenden Objektes (6) können durch Wahl des Polymerblend bzw. des Mischungsverhältnisses eines Polymerblends in weiten Bereichen beeinflußt werden.



DE 44 33 118 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01.98 508 092/234

5/38

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Bei dem unter der Bezeichnung "Layermanufacturing" bekannten Verfahren wird ein dreidimensionales Objekt schichtweise durch Aufbringen und anschließendes Verfestigen aufeinanderfolgender Schichten eines zunächst flüssigen oder eines pulverförmigen Materials hergestellt. Die Verfestigung erfolgt dabei vorzugsweise durch einen gebündelten Lichtstrahl in Form eines Lasers oder dergleichen, der an die dem Objekt entsprechenden Stellen der Schicht gerichtet wird und dort die Verfestigung des Materials bewirkt. Ein Verfahren, bei dem ein pulverförmiges Feststoffmaterial als zu verfestigendes Medium verwendet wird, ist beispielsweise aus der US 4 863 538 bekannt.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit flüssigem oder pulverförmigem Material ist aus der DE 31 34 265 bekannt.

Eine weitere Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens speziell mit pulverförmigem Material ist aus der DE 43 00 178 bekannt.

Um bestimmte Belichtungs- und Bauteileigenschaften zu erhalten, werden Mischungen verschiedener Pulver verwendet, wobei sich die einzelnen Pulver durch ihre thermischen Eigenschaften wie zum Beispiel die Schmelztemperatur und ihre rheologischen Eigenschaften wie zum Beispiel ihre Viskosität unterscheiden. Die Verwendung von Pulvermischungen hat jedoch die folgenden Nachteile:

In einer makroskopischen Pulvermischung weisen die einzelnen Pulverkörner jeweils die makroskopischen thermischen bzw. rheologischen Eigenschaften eines jeweiligen Mischungsbestandteiles auf. Beim Erkalten nach der Belichtung einer Schicht mit dem Laserstrahl tritt in den Einzelbereichen (den Pulverkörnern) eine Kristallisation in Folge der Gleichförmigkeit und Regelmäßigkeit der Polymerketten auf, da unter der Belichtung keine vollständige Vermischung der Polymere auf molekularer Ebene stattfindet. Die Kristallisation führt zu einem Volumenschwund des Bauteiles, der im Prozentbereich liegen kann. Gerade dieser Volumenschwund stellt eines der größten Probleme beim Aufbau dreidimensionaler Modelle dar, da er nur durch aufwendige und exakte Temperaturlösung gesteuert werden kann. Durch diese Temperaturlösung kann jedoch allenfalls der Schwund von Einzelschichten verhindert werden. Beim Abkühlen des Gesamtbauteiles tritt er in jedem Fall auf. Der Kristallisationsgrad, d. h. der Anteil der kristallinen Bereiche am Gesamtvolumen, ist von der Abkühlgeschwindigkeit abhängig. Da die Abkühlgeschwindigkeit wiederum stark geometrieabhängig ist, sie unterscheidet sich z. B. stark für dünne Wände bzw. große gefüllte Volumina, stellt der Schwund durch Kristallisation immer einen unberechenbaren Faktor in der Bauteilgenauigkeit dar.

Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß sich das Pulver beim Beschichtungsprozeß bzw. bei der Verarbeitung oder Rückgewinnung entmischen kann oder sich das Mischverhältnis ändern kann. Die Gefahr der Entmischung besteht hauptsächlich bei Pulvermischungen, die sich durch Dichte, Kornform und Korngröße unterscheiden.

Ein weiterer Nachteil der Pulvergemische besteht darin, daß die Eigenschaften des späteren Bauteiles wie z. B. thermische und mechanische Kennwerte durch die

schlechtere Komponente bestimmt sind.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes bereitzustellen, bei dem die Prozeßführung vereinfacht wird und gewünschte Eigenschaften des späteren Bauteiles schon im Ausgangsmaterial leicht einstellbar und variierbar sind.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren nach dem Patentanspruch 1. Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gegeben.

Ein Polymerblend ist eine Mischung auf molekularer Ebene von zwei oder mehr Polynieren bzw. Copolymeren. Die Vermischung geschieht in der Schmelze, aus welcher anschließend ein Pulver gewonnen wird. Somit enthält ein Pulverkorn verschiedene Polymere in vorgegebener Mischungsverhältnis. Dies ist entscheidend für die Homogenität des späteren Bauteiles. Bei der mikroskopischen Mischung stellt sich eine neue Phase ein, welche die Eigenschaften der Mischungsbestandteile kombiniert und normalerweise Mittelwerte einnimmt. Daher ist es möglich, verschiedene Eigenschaftsprofile wie z. B. spröde-weich oder niederviskos-hochviskos auf molekularer Ebene zu kombinieren. Größen wie die Glastemperatur, der Schubmodul und die Viskosität sind bei Polymerblends oft stufenlos einstellbar. Daher kann man gewünschte Eigenschaften des späteren Bauteiles schon im Ausgangsmaterial einstellen.

Da im Polymerblend unterschiedliche Kettenstrukturen auftreten, ist die Kristallisation stark behindert bzw. wird vollständig unterdrückt. Somit wird auch der Volumenschwund, der aus der Kristallisation folgt, verhindert. Bei einem amorphen Polymerblend entfällt dieser Volumenschwund komplett. Dadurch wird die Prozeßführung vereinfacht oder es sind bei identischem Prozeßaufwand genauere Modelle erzeugbar.

Weil das Polymerblend eine Mischung auf molekularer Ebene ist, kann sich bei der Verarbeitung des Pulvers oder der Rückgewinnung das Pulver nicht entmischen bzw. das Mischverhältnis kann sich nicht ändern. Auch bei wiederverwendetem Pulver ist die Konstanz des Mischungsverhältnisses garantiert.

Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung eines Ausführungsbeispieles anhand der Figur.

Die Figur zeigt eine Vorrichtung zur Durchführung des erfundungsgemäßen Verfahrens.

Ein auf seiner Oberseite offener Behälter 1 ist bis zu einem Niveau bzw. einer Oberfläche 2 mit einem Polymerblend 3 in Pulverform gefüllt. Im Behälter 1 befindet sich im Bereich des Polymerblends 3 ein Träger 4 mit einer im wesentlichen ebenen und horizontalen Trägerplatte 5, die parallel zur Oberfläche 2 angeordnet ist und mittels einer nicht gezeigten Höheneinstellvorrichtung senkrecht zur Oberfläche 2 bzw. zur Trägerplatte 5 auf und ab verschoben werden kann.

Auf der Trägerplatte 5 befindet sich das Objekt 6, das aus einer Mehrzahl von Schichten 6a, 6b, 6c und 6d, die sich jeweils parallel zur Oberfläche 2 und zur Trägerplatte 5 erstrecken, in der später beschriebenen Weise aufgebaut wird.

Über dem Behälter 1 befindet sich eine nicht gezeigte Vorrichtung zum Glätten der Oberfläche 2. Eine solche Vorrichtung kann beispielsweise als Walze oder als Wischer ausgebildet sein.

Oberhalb des Behälters 1 ist eine Bestrahlungseinrichtung 7 angeordnet, die einen gerichteten Lichtstrahl 8 abgibt. Bevorzugt besteht die Bestrahlungseinrichtung 7 aus einem Laser. Der gerichtete Lichtstrahl 8 wird

über eine Ablenkeinrichtung 9, beispielsweise einen Drehspiegel, als abgelenkter Strahl 10 auf die Oberfläche 2 des Polymerblends 3 in dem Behälter 1 abgelenkt. Eine Steuerung 11 steuert die Ablenkeinrichtung 9 derart, daß der abgelenkte Strahl 10 auf jede gewünschte Stelle der Oberfläche 2 des Polymerblends 3 in dem Behälter 1 auftrefft.

Bei dem Verfahren zum Herstellen des dreidimensionalen Objektes wird die Trägerplatte 5 in einem ersten Schritt in dem Behälter so positioniert und das über der Trägerplatte 5 befindliche Material mit der nicht gezeigten Vorrichtung zum Glätten so geglättet, daß zwischen der Oberseite der Trägerplatte 5 und der Oberfläche 2 des Polymerblends 3 in dem Behälter 1 ein gerade der vorgesehenen Schichtdicke entsprechender Abstand vorliegt. Diese Schicht wird mittels des von dem Laser 7 erzeugten und über die Ablenkeinrichtung 9 und die Steuereinrichtung 11 gesteuerten Laserstrahles 8, 10 an vorgegebenen, dem Objekt entsprechenden Stellen bestrahlt, wodurch das Polymerblend 3 sintert und so eine der Form des Objektes entsprechende feste Schicht 6a bildet. Das Bilden von weiteren schichten 6b, 6c und 6d erfolgt sukzessive durch Absenken der Trägerplatte 5 um einen der jeweiligen Schichtdicke entsprechenden Betrag, Glätten der neu zu verfestigenden Schicht und Bestrahlen an den dem Objekt 6 entsprechenden Stellen.

Vorzugsweise werden gemäß der Erfindung die folgenden Polymerblends verwendet: Polyamid/Copolyamid, Polystyrol/Copolyamid, PPE/PA Blend (Polypylenether/Polyamid) z. B. Vestoblend, PPE/SB Blend (Polypylenether/Styrol/Butadienblend) oder ABS/PA Blend (Acrylnitril-Butadien-Styrol/Polyamid).

Durch Wahl des Mischungsverhältnisses der Polymerbestandteile in dem Polymerblend 3 können die mechanischen und/oder die thermischen Eigenschaften des Objekts (6) in weiten Bereichen eingestellt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes, bei dem aufeinanderfolgende Schichten (6a, 6b, 6c, 6d) des zu bildenden Objektes (2) aus mittels elektromagnetischer Strahlung verfestigbarem Material nacheinander durch Einwirkung einer elektromagnetischen Strahlung (8, 10) verfestigt werden, dadurch gekennzeichnet, daß als Material ein Polymerblend (3) verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Polymerblend in Pulverform verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Polymerblend Polyamid und Copolyamid umfaßt.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Polymerblend Polystyrol und Copolyamid umfaßt.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Polymerblend Polypylenether und Polyamid umfaßt.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Polymerblend, Styrol und Butadien umfaßt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Polymerblend Polypylenether umfaßt.
8. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Polymerblend Acrylnitril-Butadien-Styrol und Polyamid umfaßt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die elektromagnetische Strahlung Laserstrahlung (8, 9) ist.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch einen Behälter (1) zur Aufnahme des durch Einwirkung elektromagnetischer Strahlung verfestigbaren Materials (3); einen Träger (4) zur Aufnahme des Objekts (6) zum Positionieren des Objektes (6) in dem Behälter (1) einer Vorrichtung (7, 9, 11) zum Verfestigen einer Schicht des Materials (3) mittels elektromagnetischer Strahlung.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zum Verfestigen einen Laser (7) umfaßt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

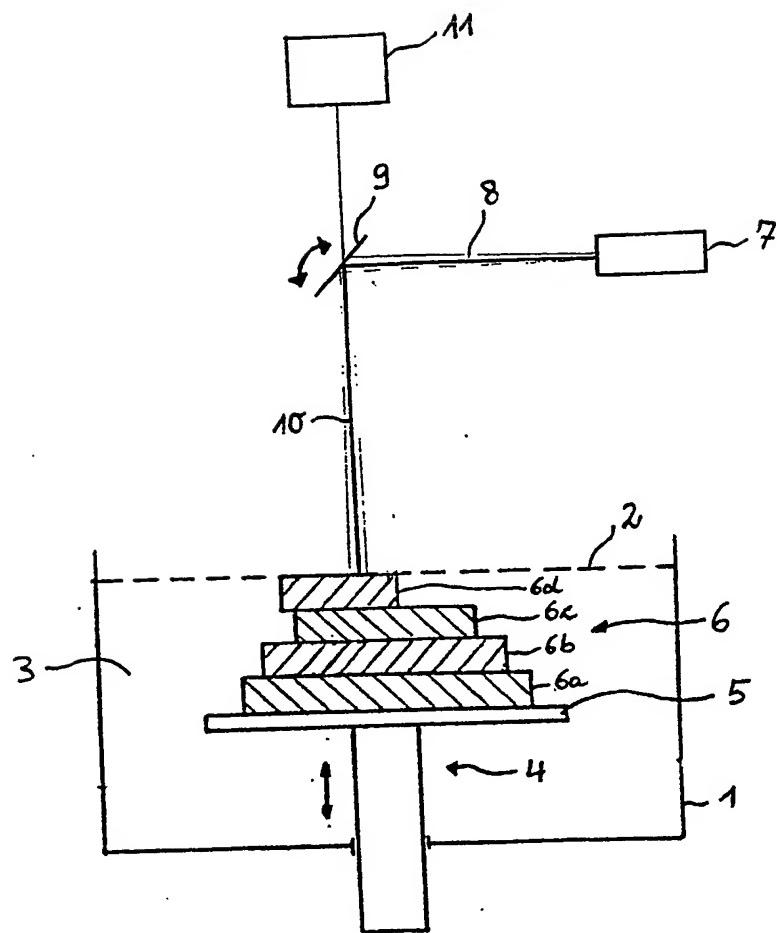


Fig. 1